

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Tae-wan KIM, et al.

Art Unit:

Serial No.

Examiner:

Filed: December 31, 2003

Confirmation No.

For: INDUCTIVELY COUPLED ANTENNA AND PLASMA
PROCESSING APPARATUS USING THE SAME

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

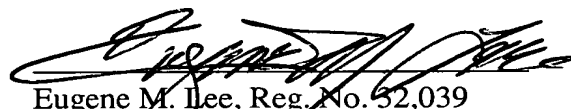
The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

APPLICATION NO. 2003-0000380 - filed 03 January 2003 – Republic of KOREA.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application.

Respectfully submitted,

Date: December 31, 2003


Eugene M. Lee, Reg. No. 52,039
Richard A. Sterba, Reg. No. 43,162

LEE & STERBA, P.C.
1101 WILSON BOULEVARD, SUITE 2000
ARLINGTON, VA 22209
703.525.0978 TEL
703.525.4265 FAX

DEPOSIT ACCOUNT CHARGE AUTHORIZATION

If fee payment is enclosed, this amount is believed to be correct. However, the Director is hereby authorized to charge any deficiency or credit any overpayment to Deposit Account No. 50-1645.

Any additional fee(s) necessary to effect the proper and timely filing of the above-paper may also be charged to Deposit Account No. 50-1645.



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0000380
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 01월 03일
Date of Application JAN 03, 2003

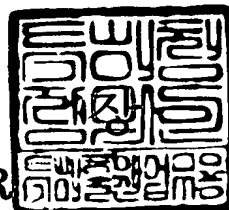
출원인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 02 월 07 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0007
【제출일자】	2003.01.03
【국제특허분류】	C23F
【발명의 명칭】	유도결합형 안테나 및 이를 채용한 플라즈마 처리장치
【발명의 영문명칭】	Inductively coupled antenna and plasma processing apparatus using the same
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	1999-009556-9
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2000-002816-9
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김태완
【성명의 영문표기】	KIM,Tae Wan
【주민등록번호】	620804-1046711
【우편번호】	431-737
【주소】	경기도 안양시 동안구 비산3동 비산삼호아파트 4동 808호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	톨마체프 유리
【성명의 영문표기】	TOLMACHEV,Yur i
【주소】	수원시 팔달구 영통동 황골마을 주공아파트 158동 1303호
【국적】	RU

【발명자】**【성명의 국문표기】** 마동준**【성명의 영문표기】** MA,Dong Joon**【주민등록번호】** 581119-1055612**【우편번호】** 430-019**【주소】** 경기도 안양시 만안구 안양9동 762-2 프라자아파트 6동
1108호**【국적】** KR**【취지】** 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대
리인 이영
필 (인) 대리인
이해영 (인)**【수수료】****【기본출원료】** 20 면 29,000 원**【가산출원료】** 5 면 5,000 원**【우선권주장료】** 0 건 0 원**【심사청구료】** 0 항 0 원**【합계】** 34,000 원**【첨부서류】** 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

유도결합 플라즈마 처리장치의 반응챔버 상부에 설치되어 RF 전원에 연결되며, 반응챔버 내부로 주입된 반응가스를 이온화하여 플라즈마를 생성시키기 위한 전기장을 유도하는 유도결합형 안테나와 이를 채용한 플라즈마 처리장치가 개시된다. 개시된 유도결합형 안테나는 복수의 턴으로 감겨진 코일로 이루어지며, 최외곽의 턴에 흐르는 전류는 최외곽 턴의 안쪽에 배치된 중심 영역의 턴들에 흐르는 전류보다 높도록 구성된다. 이를 위해, 최외곽 턴과 중심 영역의 턴들은 RF 전원에 병렬로 연결되며, 중심 영역의 턴들은 서로 직렬로 연결될 수 있다. 그리고, 상기 안테나는, 냉각수 통로를 가진 전도성 금속 튜브와, 금속 튜브의 하부에 전기적 및 열적으로 접촉된 전도성 금속 스트립을 구비한다. 이와 같은 구성에 의하면, 플라즈마의 균일도가 향상되며, 용량결합과 RF 파워 손실 및 기관의 손상을 줄일 수 있게 된다.

【대표도】

도 4

【명세서】

【발명의 명칭】

유도결합형 안테나 및 이를 채용한 플라즈마 처리장치{Inductively coupled antenna and plasma processing apparatus using the same}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 유도결합 플라즈마 처리장치의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 도 1에 도시된 종래의 안테나의 일례를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 따른 안테나를 가진 유도결합 플라즈마 처리장치의 구성을 도시한 수직 단면도이다.

도 4는 도 3에 도시된 본 발명에 따른 안테나의 사시도이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 안테나를 가진 유도결합 플라즈마 처리장치의 구성을 도시한 수직 단면도이다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

110...반응챔버	111...상부커버
112...정전척	114...가스주입구
115...가스분배구	116...유전체 윈도우
118...진공흡입구	119...진공펌프
120,220...안테나	121,221...금속 튜브
122,222...냉각수 통로	123,223...금속 스트립

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <13> 본 발명은 유도결합 플라즈마 처리장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 플라즈마 균일도를 향상시킬 수 있는 구조를 가진 유도결합형 안테나와 이를 채용한 플라즈마 처리장치에 관한 것이다.
- <14> 현재 반도체 소자나 평판 디스플레이 장치(flat display panel)의 제조를 위한 기판의 미세가공공정에는 플라즈마를 응용한 기술이 많이 이용되고 있다. 즉, 플라즈마는 반도체 소자 제조용 웨이퍼나 LCD(liquid crystal display) 제조용 기판의 표면을 식각하거나 그 표면에 소정의 물질막을 증착하는데 널리 사용되고 있다. 특히, 높은 집적도의 반도체 소자의 제조를 위한 기판의 식각 또는 박막 증착 공정에는 플라즈마를 이용하는 장비가 점차로 늘어 가고 있는 추세이다. 이에 따라, 각각의 공정에 적합한 플라즈마 처리장치의 개발은 반도체 제조 및 장치 개발에 있어 핵심적인 요소가 되고 있다.
- <15> 지금까지 반도체 제조공정에 사용되어 왔던 플라즈마 처리장치로는 크게 CCP(capacitive coupled plasma), ECR(electron cyclotron resonance), Helicon, ICP(inductively coupled plasma) 등이 있다. 이 중에 유도결합 플라즈마(ICP) 처리장치는 다른 장치에 비해 고밀도/고균일의 플라즈마를 쉽게 얻을 수 있는 장점이 있으며, 그 구조가 비교적 간단하여 현재 가장 많이 이용되고 있다.
- <16> 도 1에는 종래의 유도결합 플라즈마 처리장치의 개략적인 구성이 도시되어 있다. 도 1을 참조하면, 유도결합 플라즈마 처리장치는 그 내부에 플라즈마 형성 공간이 마련

된 반응챔버(reaction chamber, 10)를 구비한다. 상기 반응챔버(10)의 내부 아래쪽에는 기판, 예컨대 웨이퍼(W)를 지지하는 정전척(electrostatic chuck, 12)이 마련되어 있고, 반응챔버(10)의 상부커버(11)에는 유전체 윈도우(dielectric window, 16)가 설치되어 있다. 반응챔버(10)의 측벽에는 반응가스를 반응챔버(10) 내부로 주입하기 위한 가스주입구(14)가 형성되어 있으며, 반응챔버(10)의 내부에는 가스주입구(14)와 연결되는 다수의 가스분배구(gas distribution port, 15)가 마련되어 있다. 반응챔버(10)의 바닥벽에는 진공펌프(19)에 연결되는 진공흡입구(vacuum suction port, 18)가 형성되어 있으며, 이를 통해 반응챔버(10) 내부를 진공상태로 만들게 된다. 그리고, 상기 유전체 윈도우(16)의 상부에는 반응챔버(10) 내부에 플라즈마를 생성시키기 위한 안테나(20)가 설치되어 있다.

<17> 상기 안테나(20)에는 RF 전원이 연결되어 RF 전류가 흐르게 된다. 상기 안테나(20)를 통해 흐르는 RF 전류에 의해 자기장(magnetic field)이 발생되며, 이 자기장의 시간에 따른 변화에 의해 반응챔버(10) 내부에는 전기장(electric field)이 유도된다. 이와 동시에, 반응가스가 가스분배구(15)를 통해 반응챔버(10) 내부로 유입되며, 유도 전기장에 의해 가속된 전자들은 충돌과정을 통해 반응가스를 이온화시켜 반응챔버(10)내에 플라즈마를 생성한다. 생성된 플라즈마는 웨이퍼(W) 표면과의 화학반응과정을 통해 웨이퍼(W)를 원하는 바에 따라 처리, 예컨대 식각하게 된다. 한편, 플라즈마에서 빠져나와 웨이퍼(W)에 충돌하는 이온의 에너지를 증가시키기 위한 바이어스 전압을 제공하기 위해 또 하나의 RF 전원이 일반적으로 정전척(12)에 연결된다.

- <18> 도 2에는 도 1에 도시된 종래의 안테나의 일례가 도시되어 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 현재 가장 일반적으로 사용되는 유도결합형 안테나(20)는 나선형으로 감겨진 전도체 코일로 구성되어 있다.
- <19> 그런데, 이와 같은 구조를 가진 종래의 안테나(20)에 의하면, 반응챔버(10) 내의 플라즈마 밀도 분포가 균일하지 않은 단점이 있다. 이는, 안테나(20)에 의해 유도되는 전기장의 세기가 위치에 따라 달라지기 때문이다. 즉, 안테나(20)의 중심부위(center portion)에서는 유도 전기장의 세기가 강한 반면에, 가장자리부위(edge portion)에서는 유도 전기장의 세기가 비교적 약하기 때문에, 반응챔버(10)의 가장자리부위에서는 플라즈마의 생성 밀도가 낮아지게 된다. 이와 같이 플라즈마 밀도 분포가 비균일하게 되면, 웨이퍼(W)의 식각 깊이나 웨이퍼(W) 표면에 증착되는 물질막의 두께가 위치에 따라 차이가 나는 문제점이 발생된다. 특히, ICP 처리장치가 대형화됨에 따라 반응챔버(10)의 직경이 커지게 되므로, 상기한 플라즈마 밀도 분포의 비균일성은 더욱 심해지게 된다.
- <20> 상기한 바와 같이, ICP 처리장치의 개발에 있어서, 기판의 대면적화에 따른 웨이퍼 처리공정의 균일도 향상과 아울러 높은 플라즈마 밀도의 유지는 가장 먼저 해결되어야 하는 요소기술이다. 또한, 고밀도 플라즈마 소스(high density plasma source)의 개발과 함께, ICP 방전(discharge)의 기본이 되는 안테나에 있어서는, RF 파워어의 효율과 플라즈마의 균일도는 향상시키되 기판에 가해지는 손상은 저감시킬 수 있는 구조의 설계가 매우 긴급하다고 할 수 있다.
- <21> 그런데, 이러한 요구 조건들은 서로 모순된다. RF 파워어를 높이면 RF 전류의 증가를 가져오고 안테나에 인가되는 전압이 높아진다. 그리고, 반응챔버 내에 높은 플라즈마 밀도의 유지를 위해서는 ICP 장비의 대형화에 따라 안테나의 반경 및 코일의 감은 턴

(turn)수를 증가시켜야 하는데, 이는 안테나의 자기-인덕턴스(self-inductance)를 증가시키게 되어 안테나에 인가되는 전압이 높아지게 된다. 이와 같이 안테나에 인가되는 전압이 높아지게 되면, RF 파워어의 용량결합(capacitive coupling)이 보다 쉽게 발생하게 된다. 이러한 용량결합은 이온의 운동에너지를 과다하게 증가시키게 되므로 공정의 정밀한 제어가 곤란하게 된다. 또한, 높은 운동에너지를 가진 이온이 반응챔버의 내벽에 강하게 충돌하게 되어 파티클을 생성시키거나 기판에 충돌하여 기판에 심각한 손상을 주게 된다. 그리고, 용량결합이 발생하면 RF 파워어 효율이 낮아지게 되는 문제점도 있다.

<22> 따라서, 상기한 문제점들을 개선하기 위하여 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 그 일례로서, 미국 특허 US 6,451,161호에 개시된 ICP 처리장치에서는 플라즈마 균일도를 향상시키기 위해 다른 높이를 가진 유전체 윈도우를 구비한다. 그러나, 유전체 윈도우의 형상이 복잡하여 그 제작이 곤란한 단점이 있다. 그리고, 미국 특허 US 6,204,604호에는 나선형 코일의 폭을 변화시킨 안테나가 개시되어 있다. 이러한 구조의 안테나는 위치에 따라 용량결합을 변화시킬 수는 있으나, 전체적인 용량결합은 오히려 증가하는 문제점이 있다. 미국 특허 US 5,540,800호와 US 6,056,848호에서는 안테나와 유전체 윈도우 사이에 패러데이 쉴드(faraday shield)를 설치함으로써 용량결합을 감소시킨다. 패러데이 쉴드는 용량결합을 억제하는데 효과적이거나, 반면에 안테나 전압의 심각한 증가를 초래하는 단점이 있다. 미국 특허 US 5,540,824호에서는 대칭되게 배치되고 병렬로 연결된 두 개의 코일로 이루어진 안테나를 사용함으로써 안테나 전압과 용량결합을 감소시킨다. 그러나, 이러한 구조의 안테나는 전형적으로 높은 안테나 전류를 요구하고, 이는 안테나에서 RF 파워어 손실을 증가시키는 단점이 있다.

<23> 이와 같이, 종래의 안테나들은 그 각각의 문제점들로 인해 공정 조건의 변화에 적절히 대처하여 높은 플라즈마의 균일도를 확보하기가 곤란한 단점을 가지고 있다. 특히, 최근에 웨이퍼의 크기가 대형화되어 가는 추세에 있어서, 종래의 안테나 구조로는 웨이퍼 가장자리 부근에서의 플라즈마 밀도 분포의 균일도를 유지하기가 점차 더 어려워지고 있으며, 이는 반도체 소자의 품질이나 수율을 현저하게 떨어뜨리게 된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<24> 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서, 특히 플라즈마 균일도를 향상시키고, 용량결합과 파우어 손실 및 기판에 가해지는 손상을 줄일 수 있는 구조를 가진 유도결합형 안테나와 이를 채용한 플라즈마 처리장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<25> 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

<26> 유도결합 플라즈마 처리장치의 반응챔버 상부에 설치되어 RF 전원에 연결되며, 상기 반응챔버 내부로 주입된 반응가스를 이온화하여 플라즈마를 생성시키기 위한 전기장을 유도하는 유도결합형 안테나에 있어서,

<27> 상기 안테나는 복수의 턴으로 감겨진 코일로 이루어지며, 최외곽의 턴에 흐르는 전류는 상기 최외곽 턴의 안쪽에 배치된 중심 영역의 턴들에 흐르는 전류보다 높은 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나를 제공한다.

<28> 그리고, 본 발명은,

<29> 내부가 진공상태로 유지되는 반응챔버;

- <30> 상기 반응챔버의 상부에 설치되며, 상기 반응챔버 내부로 주입된 반응가스를 이온화하여 플라즈마를 생성시키기 위한 전기장을 유도하는 안테나; 및
- <31> 상기 안테나에 연결되어 상기 안테나에 RF 파워어를 공급하는 RF 전원;을 구비하며,
- <32> 상기 안테나는 복수의 턴으로 감겨진 코일로 이루어지며, 최외곽의 턴에 흐르는 전류는 상기 최외곽 턴의 안쪽에 배치된 중심 영역의 턴들에 흐르는 전류보다 높은 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치를 제공한다.
- <33> 여기에서, 상기 최외곽 턴과 상기 중심 영역의 턴들은 상기 RF 전원에 병렬로 연결되며, 상기 중심 영역의 턴들은 서로 직렬로 연결된 것이 바람직하다.
- <34> 그리고, 상기 중심 영역의 턴들의 전체 길이는 상기 최외곽 턴의 길이보다 긴 것이 바람직하다.
- <35> 또한, 상기 복수의 턴은 단일선의 전도체로 이루어질 수 있으며, 동심원으로 감겨진 것이 바람직하다.
- <36> 상기 안테나는, 냉각수 통로를 가진 전도성 금속 튜브와, 상기 금속 튜브의 하부에 전기적 및 열적으로 접촉된 전도성 금속 스트립을 구비하는 것이 바람직하다.
- <37> 여기에서, 상기 금속 튜브는 원형의 단면을 가진 것이 바람직하며, 상기 금속 스트립은 폭보다 높이가 높은 직사각형 단면을 가진 것이 바람직하다.
- <38> 그리고, 상기 금속 스트립은 상기 안테나의 중심부위로부터 가장자리부위로 갈수록 점차 높이가 낮아지도록 형성될 수 있다.

- <39> 이와 같은 구성에 의하면, 플라즈마의 균일도가 향상되며, 용량결합과 RF 파워 손실 및 기판의 손상을 줄일 수 있게 된다.
- <40> 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다.
- <41> 도 3은 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 따른 안테나를 가진 유도결합 플라즈마 처리장치의 구성을 도시한 수직 단면도이고, 도 4는 도 3에 도시된 본 발명에 따른 안테나의 사시도이다.
- <42> 도 3과 도 4를 함께 참조하면, 본 발명에 따른 유도결합 플라즈마 처리장치는 안테나(120)에 의해 생성되는 플라즈마를 이용하여 반도체 소자 제조용 기판, 예컨대 웨이퍼(W)의 표면을 식각하거나 그 표면 상에 소정의 물질막을 증착하는 등 미세가공하기 위한 반도체 제조장치이다.
- <43> 상기 유도결합 플라즈마 처리장치는, 그 내부에 플라즈마 형성 공간이 마련된 반응챔버(reaction chamber, 110)를 구비한다. 반응챔버(110)의 내부는 진공상태로 유지되며, 이를 위해 반응챔버(110)의 바닥벽에는 진공펌프(119)에 연결되는 진공흡입구(118)가 형성된다. 반응챔버(110)의 내부 아래쪽에는 기판, 예컨대 웨이퍼(W)를 지지하는 정전척(112)이 마련되며, 이 정전척(112)에는 RF 전원(미도시)이 연결되어 반응챔버(110) 내에 생성된 플라즈마로부터 빠져나온 이온이 웨이퍼(W)의 표면에 충분히 높은 에너지를 가지고 충돌할 수 있도록 바이어스 전압을 제공한다. 반응챔버(110)의 상부커버(111)에는 RF 파워어가 투과될 수 있도록 유전체 윈도우(116)가 설치된다. 반응챔버(110)의 측벽에는 반응가스를 반응챔버(110) 내부로 주입하기 위한 가스주입구(114)가 형성되며, 이 가스주입구(114)와 연결되는 다수의 가스분배구(115)가 반응챔버(110)의 내부에 마련될 수 있다.

<44> 그리고, 상기 반응챔버(110)의 상부, 즉 유전체 윈도우(116)의 상부에는 반응챔버(110) 내부로 주입된 반응가스를 이온화하여 플라즈마를 생성시키는 전기장을 유도하는 안테나(120)가 설치된다. 이 안테나(120)에는 RF 파워어를 공급하기 위한 RF 전원(130)이 연결된다. 따라서, 안테나(120)에는 RF 전류가 흐르게 되며, 이에 따라 암페어의 오른나사 법칙에 의해 자기장이 발생되고, 이 자기장의 시간에 따른 변화에 의해 반응챔버(110) 내부에는 패러데이 전자기 유도법칙에 따라 전기장이 유도된다. 유도 전기장은 전자를 가속시키고, 이 전자는 가스분배구(115)를 통해 반응챔버(110) 내부로 유입된 반응가스를 이온화시켜 플라즈마를 생성하게 된다.

<45> 본 발명에 따른 상기 안테나(120)는 복수의 턴(turn)으로 감겨진 코일로 이루어진다. 상기 복수의 턴은 도시된 바와 같이 세 개로 이루어질 수 있으나, 그 이상의 턴으로 이루어질 수도 있다. 이하에서는, 설명의 편의성을 위해 세 개의 턴(T_1 , T_2 , T_3)을 가지는 안테나(120)를 기준으로 설명하기로 한다.

<46> 본 발명에 따른 안테나(120)는, 최외곽에 배치된 제1턴(T_1)에 흐르는 전류가 상기 제1턴(T_1)의 안쪽에 배치된 중심 영역의 턴들, 즉 제2 및 제3턴(T_2 , T_3)에 흐르는 전류보다 높도록 구성된다.

<47> 구체적으로, 상기 안테나(120)의 제1턴(T_1)과 제2턴(T_2)은 RF 전원(130)에 병렬로 연결되고, 제2턴(T_2)은 제3턴(T_3)에 직렬로 연결된다. 즉, 제1턴(T_1)과 제2턴(T_2)이 분기되는 지점에 RF 전원(130)이 접속된다. 그리고, 제1턴(T_1)은 원형으로 감겨지고, 그 단부는 접지된다. 제2턴(T_2)은 제1턴(T_1)의 감긴 방향과 동일한 방향으로 감겨지고, 그 단부는 제3턴(T_3)과 직렬로 연결된다. 제3턴(T_3)은 상기한 바와 같이 제2턴(T_2)과 직렬로 연결되어 제2턴(T_2)

2)의 감긴 방향과 동일한 방향으로 감겨지고, 그 단부는 접지된다. 상기 세 개의 턴들(T_1 , T_2 , T_3)은 서로 다른 반경을 가지며, 동심원으로 감겨진다.

<48> 이와 같이 구성된 세 개의 턴들(T_1 , T_2 , T_3)에 있어서, 중심 영역의 턴들, 즉 제2 및 제3턴(T_2 , T_3)의 전체 길이는 최외곽의 제1턴(T_1)의 길이보다 길게 형성된다. 따라서, 세 개의 턴들(T_1 , T_2 , T_3) 각각의 단면적이 동일한 경우에, 제1턴(T_1)의 저항은 제2와 제3턴(T_2 , T_3)의 저항보다 낮아지게 된다. 이로써, 제2와 제3턴(T_2 , T_3)보다 제1턴(T_1)에 더 많은 전류가 흐르게 된다.

<49> 예를 들어, 제1, 제2 및 제3턴(T_1 , T_2 , T_3)의 반경을 각각 r_1 , r_2 , r_3 라 하고, 그 각각에 흐르는 전류를 I_1 , I_2 , I_3 라 할 때, r_1 , r_2 및 r_3 를 적절하게 조절함으로써 I_1 이 I_2 와 I_3 보다 높도록 할 수 있다. 만약, r_1 , r_2 및 r_3 를 적절하게 조정하여 제2와 제3턴(T_2 , T_3)의 전체 길이가 제1턴(T_1)의 길이의 두 배가 되도록 하면, 제2와 제3턴(T_2 , T_3)의 저항은 제1턴(T_1)의 저항의 두 배가 된다. 그리고, 상기한 각 턴들(T_1 , T_2 , T_3) 사이의 연결 구조에 비추어 볼 때, 제1턴(T_1)에 인가되는 전압과 제2와 제3턴(T_2 , T_3) 전체에 인가되는 전압은 동일하다. 따라서, 제1턴(T_1)에 흐르는 전류(I_1)는 제2와 제3턴(T_2 , T_3)에 흐르는 전류(I_2 , I_3)의 두 배가 될 수 있다. 예컨대, I_2 와 I_3 각각이 20A라면, I_1 은 40A가 된다.

<50> 상기한 바와 같이, 본 발명에 따른 안테나(120) 구조에 의하면, 각 턴들(T_1 , T_2 , T_3)의 반경을 조절함으로써 최외곽의 제1턴(T_1)에 흐르는 전류를 보다 높일 수 있으며, 또한 적정하게 조절할 수 있게 된다. 따라서, 안테나(120) 최외곽의 제1턴(T_1)이 위치한 반응챔버(110)의 가장자리 부위의 유도 전기장이 보다 강해지게 되고, 이에 따라 반응챔

버(110) 가장자리 부위의 플라즈마의 발생 밀도가 높아지게 되어 반응챔버(110) 내부의 플라즈마 균일도가 향상될 수 있다.

<51> 그리고, 안테나(120) 코일을 구성하는 제1턴(T_1)과 제2턴(T_2)의 병렬 연결은 안테나(120)의 자기-인덕턴스를 현저하게 감소시킨다는 사실은 잘 알려져 있다. 또한, 이와 같은 병렬 연결은 안테나(120)에 동일한 RF 파워를 인가하였을 때 안테나(120)의 양단에 걸리는 전압을 낮추게 된다. 이에 따라, 용량결합은 현저하게 감소되며, 저항에 의한 RF 파워의 손실도 줄어들게 되므로 RF 파워의 효율은 대략 90% 이상으로 증가할 수 있다. 이와 같은 용량결합의 감소는 또한 플라즈마의 포텐셜을 낮추어 기관의 손상을 감소시킨다.

<52> 한편, 세 개의 턴들(T_1 , T_2 , T_3)은 상기한 바와 같은 연결 방법으로 인하여 단일선의 전도체(conductor)로 이루어질 수 있다. 즉, 하나의 선으로 이루어진 전도체로 안테나(120)를 구성할 수 있다. 이는, 세 개의 턴들(T_1 , T_2 , T_3)을 연결하기 위한 별도의 연결구조를 필요로 하지 않으므로, 안테나(120)의 제작을 용이하게 하는 장점이 있다.

<53> 그리고, 상기 안테나(120)는, 전도성이 양호한 금속으로 제작된 튜브(121)와, 상기 금속 튜브(121)의 하부에 전기적 및 열적으로 접촉되며 역시 전도성이 양호한 금속으로 제작된 스트립(123)으로 구성될 수 있다. 즉, 상기 세 개의 턴들(T_1 , T_2 , T_3) 각각은 금속 튜브(121)와 금속 스트립(123)으로 이루어진다. 상기 금속 튜브(121)의 내부에는 냉각수 통로(cooling path, 122)가 형성된다. 상기 전도성 금속으로는 여러가지 금속이 사용될 수 있으나, 전기 및 열의 전도성이 우수하고 가공성이 양호한 구리를 사용하는 것이 바람직하다. 상기 금속 튜브(121)와 금속 스트립(123)은 용접이나 브레이징에 의해 서로 견고하게 결합될 수 있다.

- <54> 상기 금속 튜브(121)는 원형의 단면을 가진 것이 바람직하다. 이는 금속 튜브(121)의 내부에 형성된 냉각수 통로(122)를 통한 냉각수의 흐름을 원활하게 한다. 그리고, 금속 튜브(121)의 단면이 원형으로 된 경우에는, 튜브(121)의 표면을 따라 흐르는 전류의 불균일한 분포에 의한 저항의 증가가 방지되는 장점이 있다.
- <55> 상기 금속 스트립(123)은 폭보다 높이가 높은 직사각형 단면을 가진 것이 바람직하다. 단면적이 증가할수록 안테나의 인덕턴스는 낮아진다는 것은 잘 알려져 있다. 그리고, 단면적이 일정한 경우에는, 폭이 좁고 높이가 높은 단면 형상을 가진 경우의 인덕턴스가 폭이 넓고 높이가 낮은 단면 형상을 가진 경우의 인덕턴스에 비해 낮게 나타난다. 따라서, 상기한 바와 같이 폭이 좁고 높이가 높은 단면을 가진 금속 스트립(123)을 구비한 안테나(120)는 그 인덕턴스가 감소되므로 상기한 바와 같은 장점을 가진다.
- <56> 상기한 바와 같은 구성을 가진 안테나(120)는, 냉각수 통로(122)를 가진 금속 튜브(121)와 금속 스트립(123)의 양호한 열적 접촉에 의해, 그리고 튜브(121)와 스트립(123)을 이루는 금속인 구리의 우수한 열전도성에 의해 효과적으로 냉각될 수 있다. 그리고, 금속 튜브(121)와 금속 스트립(123)의 결합 구조에 의해 안테나(120)를 보다 견고하게 제작할 수 있으며, 이에 따라 부가적인 지지부나 클램프 없이도 안테나(120)의 형태를 안정되게 유지할 수 있다.
- <57> 도 5에는 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 안테나를 가진 유도결합 플라즈마 처리장치가 도시되어 있다. 여기에서, 도 3에서와 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 가리킨다.
- <58> 본 발명의 제2 실시예에 따른 안테나(220)는, 냉각수 통로(222)를 가진 전도성 금속 튜브(221)와, 상기 금속 튜브(221)의 하부에 전기적 및 열적으로 접촉된 전도성 금속

스트립(223)으로 구성된다. 그리고, 상기 금속 스트립(223)은 도시된 바와 같이 안테나(220)의 중심부위에서 가장자리부위쪽으로 갈수록 점차 그 높이가 낮아지도록 형성된다. 이와 같은 구성에 의하면, 안테나(220)의 가장자리부위에서 유도되는 전기장의 세기가 보장되므로, 이 부위에서의 플라즈마 생성 밀도가 높아지게 되는 장점이 있다. 이에 따라, 반응챔버(110) 내의 플라즈마 밀도 분포의 균일도가 보다 향상될 수 있다.

<59> 유도결합 플라즈마 방전의 경우, 안테나에 높은 전압이 인가됨으로써 발생하는 용량결합은 높은 플라즈마 포텐셜을 유발시키고, RF 파워어의 효율 및 플라즈마의 균일도를 저하시킨다. 따라서, 안테나 디자인에 있어서는 반드시 플라즈마 균일도를 향상시킬 수 있도록 그리고 용량결합에 의한 영향이 최소화될 수 있도록 고려하여야 한다. 또한, 낮은 압력에서의 방전이 가능하고 높은 밀도와 낮은 전자온도를 가진 플라즈마를 얻기 위해서 RF 주파수를 높이는 경우에는, 낮은 인덕턴스를 가진 안테나가 필요하게 된다. 전술한 바와 같은 구성을 가진 본 발명에 따른 안테나는 플라즈마 균일도를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 상당히 낮은 인덕턴스를 가지므로 높은 RF 주파수를 사용하더라도 안테나의 양단에 걸리는 전압이 낮아져 용량결합을 줄일 수 있게 된다.

<60> 본 발명은 개시된 실시예를 참고로 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

【발명의 효과】

<61> 이상에서 설명된 바와 같이, 본 발명에 따른 유도결합형 안테나와 이를 채용한 플라즈마 처리장치에 의하면 다음과 같은 효과가 있다.

- <62> 첫째, 최외곽 턴에 보다 많은 전류가 흐르도록 안테나를 구성함으로써 반응챔버 내의 플라즈마 균일도를 향상시킬 수 있다. 그리고, 안테나의 제1턴과 제2턴이 병렬로 연결되므로 안테나 인덕턴스가 감소되며, 이에 따라 높은 주파수를 이용한 효율적인 플라즈마 방전이 가능하게 된다. 또한, 안테나에 인가되는 전압이 낮아지게 되므로 용량결합이 감소하게 되고, 이에 따라 기관의 손상도 줄어 들게 된다.
- <63> 둘째, 안테나를 금속 튜브와 금속 스트립으로 구성함으로써, 안테나를 효과적으로 냉각시킬 수 있을 뿐만 아니라, 안테나를 견고하게 제작할 수 있다. 따라서, 부가적인 지지부나 클램프 없이도 안테나의 형태를 안정되게 유지할 수 있다.
- <64> 셋째, 금속 스트립을 폭이 좁고 높이가 높은 단면을 가지도록 함으로써 안테나 인덕턴스를 효과적으로 줄일 수 있으며, 더욱이 금속 스트립의 높이를 변화시킴으로써 반응챔버 내의 플라즈마 밀도 분포의 균일도를 향상시킬 수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

유도결합 플라즈마 처리장치의 반응챔버 상부에 설치되어 RF 전원에 연결되며, 상기 반응챔버 내부로 주입된 반응가스를 이온화하여 플라즈마를 생성시키기 위한 전기장을 유도하는 유도결합형 안테나에 있어서,

상기 안테나는 복수의 턴으로 감겨진 코일로 이루어지며, 최외곽의 턴에 흐르는 전류는 상기 최외곽 턴의 안쪽에 배치된 중심 영역의 턴들에 흐르는 전류보다 높은 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 최외곽 턴과 상기 중심 영역의 턴들은 상기 RF 전원에 병렬로 연결되며, 상기 중심 영역의 턴들은 서로 직렬로 연결된 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 3】

제 1항에 있어서,

상기 중심 영역의 턴들의 전체 길이는 상기 최외곽 턴의 길이보다 긴 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 복수의 턴은 동심원으로 감겨지는 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 5】

제 1항에 있어서,

상기 복수의 턴은 단일선의 전도체로 이루어진 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 6】

제 1항에 있어서,

상기 안테나는, 냉각수 통로를 가진 전도성 금속 튜브와, 상기 금속 튜브의 하부에 전기적 및 열적으로 접촉된 전도성 금속 스트립을 구비하는 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 7】

제 6항에 있어서,

상기 전도성 금속은 구리인 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 8】

제 6항에 있어서,

상기 금속 튜브는 원형의 단면을 가진 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 9】

제 6항에 있어서,

상기 금속 스트립은 폭보다 높이가 높은 직사각형 단면을 가진 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 10】

제 6항에 있어서,

상기 금속 스트립은 상기 안테나의 중심부위로부터 가장자리부위로 갈수록 점차 높이가 낮아지도록 된 것을 특징으로 하는 유도결합형 안테나.

【청구항 11】

내부가 진공상태로 유지되는 반응챔버;

상기 반응챔버의 상부에 설치되며, 상기 반응챔버 내부로 주입된 반응가스를 이온화하여 플라즈마를 생성시키기 위한 전기장을 유도하는 안테나; 및

상기 안테나에 연결되어 상기 안테나에 RF 파워어를 공급하는 RF 전원;을 구비하며,

상기 안테나는 복수의 턴으로 감겨진 코일로 이루어지며, 최외곽의 턴에 흐르는 전류는 상기 최외곽 턴의 안쪽에 배치된 중심 영역의 턴들에 흐르는 전류보다 높은 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치.

【청구항 12】

제 11항에 있어서,

상기 최외곽 턴과 상기 중심 영역의 턴들은 상기 RF 전원에 병렬로 연결되며, 상기 중심 영역의 턴들은 서로 직렬로 연결된 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치.

【청구항 13】

제 11항에 있어서,

상기 중심 영역의 턴들의 전체 길이는 상기 최외곽 턴의 길이보다 긴 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치.

【청구항 14】

제 11항에 있어서,

상기 복수의 턴은 동심원으로 감겨지는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치.

【청구항 15】

제 11항에 있어서,

상기 복수의 턴은 단일선의 전도체로 이루어진 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치.

【청구항 16】

제 11항에 있어서,

상기 안테나는, 냉각수 통로를 가진 전도성 금속 튜브와, 상기 금속 튜브의 하부에 전기적 및 열적으로 접촉된 전도성 금속 스트립을 구비하는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치.

【청구항 17】

제 16항에 있어서,

상기 전도성 금속은 구리인 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치.

【청구항 18】

제 16항에 있어서,

상기 금속 튜브는 원형의 단면을 가진 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리 장치.

【청구항 19】

제 16항에 있어서,

상기 금속 스트립은 폭보다 높이가 높은 직사각형 단면을 가진 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치.

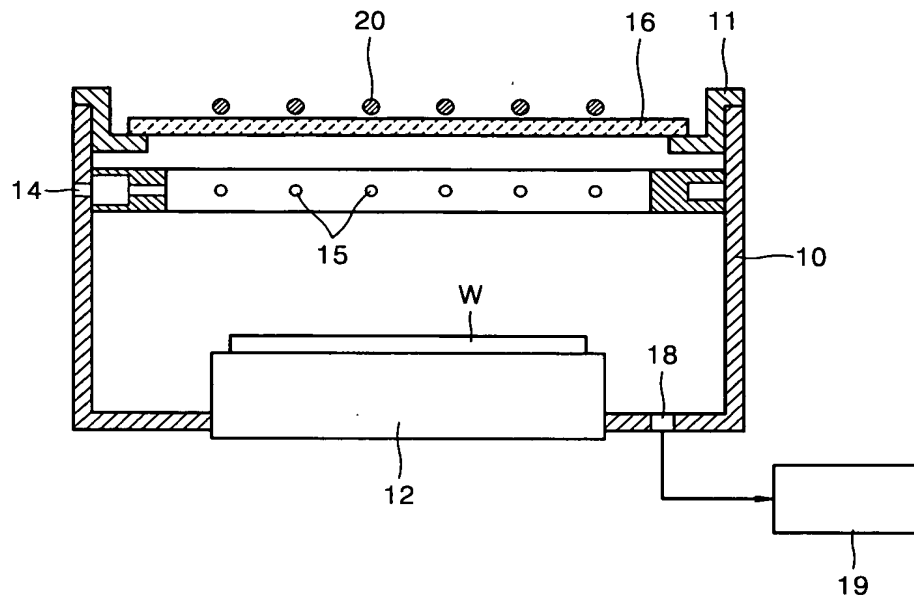
【청구항 20】

제 16항에 있어서,

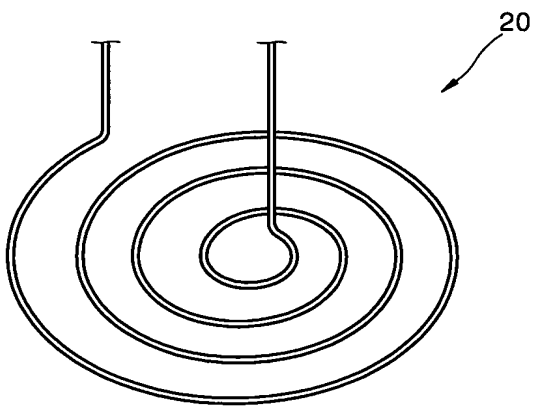
상기 금속 스트립은 상기 안테나의 중심부위로부터 가장자리부위로 갈수록 점차 높이가 낮아지도록 된 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 처리장치.

【도면】

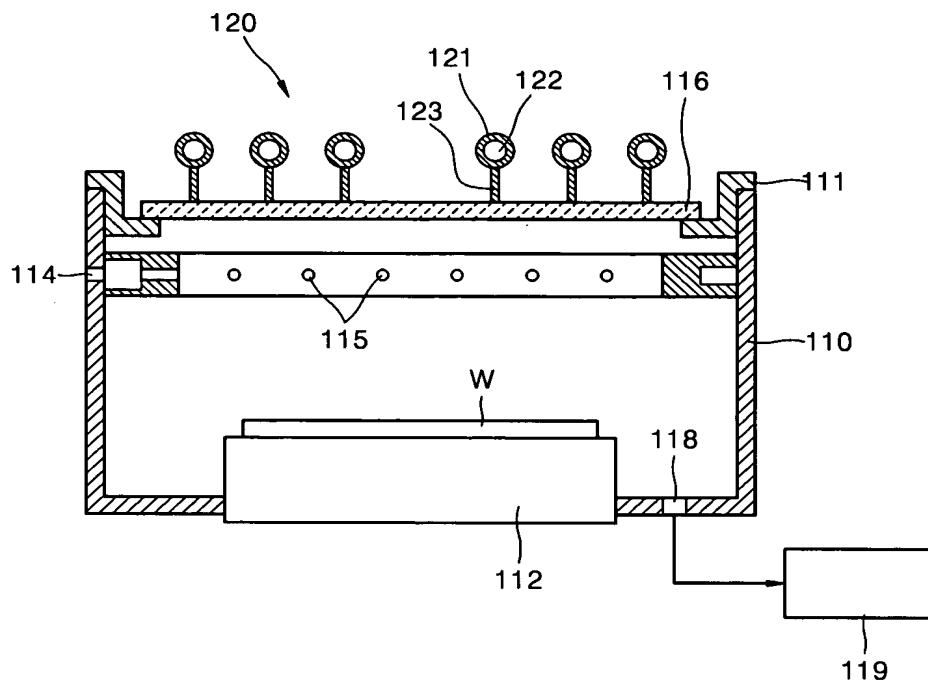
【도 1】



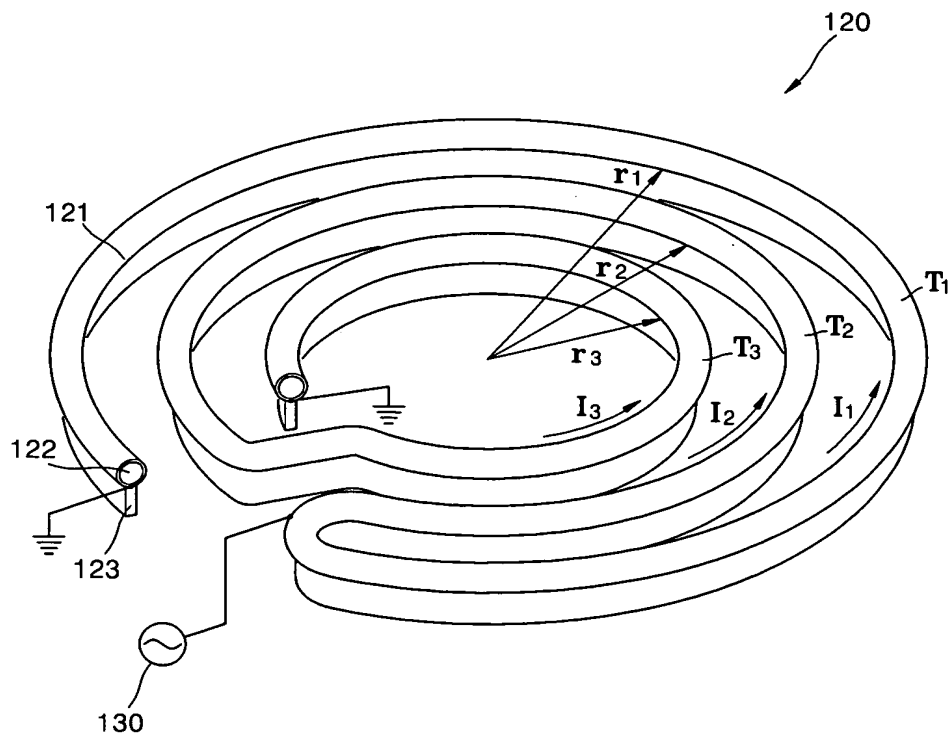
【도 2】



【도 3】



【도 4】



【도 5】

